

SVEUČILIŠTE U ZAGREBU

AGRONOMSKI FAKULTET

Ana Kiš, bacc. ing. agr.

**UTJECAJ REZIDUA HERBICIDA MEZOTRIONA NA
NICANJE I POČETNI RAZVOJ JAROG GRAŠKA**

DIPLOMSKI RAD

Zagreb, 2016.

SVEUČILIŠTE U ZAGREBU

AGRONOMSKI FAKULTET

Fitomedicina

Ana Kiš, bacc. ing. agr.

**UTJECAJ REZIDUA HERBICIDA MEZOTRIONA NA
NICANJE I POČETNI RAZVOJ JAROG GRAŠKA**

DIPLOMSKI RAD

Mentor: doc. dr. sc. Klara Barić

Zagreb, 2016.

Ovaj diplomski rad je ocijenjen i obranjen dana _____ s ocjenom
_____ pred Povjerenstvom u sastavu:

1. doc. dr. sc. Klara Barić _____

2. izv. prof. dr. sc. Darko Uher _____

3. doc. dr. sc. Maja Šćepanović _____

ZAHVALA

Zahvaljujem se svojoj mentorici doc. dr. sc. Klari Barić koja je oblikovala temu i svojim znanstvenim i stručnim savjetima pomogla mi u izradi ovog diplomskog rada te na njenom izdvojenom vremenu i konstruktivnim kritikama.

Zahvaljujem se i ostalim članovima Povjerenstva, izv. prof. dr. sc. Darku Uheru i doc. dr. sc. Maji Šćepanović na stručnom vodstvu prilikom izrade ovog diplomskog rada.

Također se zahvaljujem, mag. ing. agr. Ani Pintar na razumijevanju i pristupačnosti, strpljenju, uloženom slobodnom vremenu kao i za pomoć oko statističke obrade podataka.

Velika hvala mojim prijateljima, kolegama i obitelji na razumijevanju i podršci tijekom svih godina studiranja.

Najveća hvala mojim roditeljima, bratu i sestri te dečku koji su mi velikim odricanjem omogućili studiranje i bili neizmjerena podrška tijekom svih godina studiranja. Bez njihove pomoći studiranje bih zasigurno teže privela kraju, stoga su velikim dijelom oni zaslužni za ovaj uspjeh.

SAŽETAK

Jari grašak (*Pisum sativum* L.) je vrlo vrijedna proteinska kultura pogodna za ljudsku ishranu i hranidbu domaćih životinja. Uzgaja se u plodoredu, te se preporučuje da na istu površinu dolazi svake četvrte godine. Prije sjetve jarog graška važno je voditi brigu o predkulturi odnosno povijesti korištenja herbicida u predkultutama. Naime, pojedini herbicidi koji se koriste u predkultutama svojim ostacima (reziduima) mogu dovesti do raznih štetnih posljedica. Vrijeme tijekom kojeg neki herbicid ostaje u aktivnom obliku u tlu ovisi o karakteristikama molekule (način razgradnje, topljivost u vodi, doza primjene i dr.) i okolišnim čimbenicima (tip tla, temperatura, oborine i dr.). Cilj ovog diplomskog rada bio je istražiti osjetljivost jarog graška na primjenu reduciranih (1/8, 1/4, 1/2), preporučene, dvostruko i četverostruko veće doze herbicida mezotriona. Ocjena učinka tretmana utvrđena je vizualnom ocjenom oštećenja (0 – 100%), te vaganjem svježe i suhe nadzemne mase jarog graška. Rezultati istraživanja ukazuju na porast oštećenja ovisno o povećanju doze mezotriona. Najmanji postotak oštećenja (43%) utvrđen je 14 dana nakon primjene herbicida na tretmanu gdje je primijenjena najniža doza (1/8 preporučene doze), a najveći (88% oštećenja nadzemne mase) na tretmanu gdje je primijenjena četiri puta veća doza od preporučene. Tijekom drugog ocjenjivanja (21 dan nakon primjene herbicida), na svim tretmanima utvrđena je progresija inicijalnog oštećenja od 60% 1/8 doze mezotriona do 98% kod četiri puta veće doze od preporučene. Kod posljednjeg ocjenjivanja (28 dana nakon primjene herbicida) na svim tretmanima, osim gdje je primijenjena četiri puta veća doza mezotriona, zabilježena je blaga regeneracija biljaka. Suha masa biljaka (masa suhe tvari) jarog graška na svim herbicidnim tretmanima bila je znatno manja nego na kontroli. Najmanja (20,31%) redukcija suhe mase utvrđena je na tretmanu gdje je primijenjena najniža (1/8) doza, dok je gotovo potpuno (91%) i potpuno propadanje (100%) biljaka jarog graška utvrđeno na tretmanima s dvostruko i četverostruko većom dozom mezotriona od preporučene.

Ključne riječi: jari grašak, mezotrion, reducirane dozacije, rezidue herbicida

SUMMARY

Spring pea (*Pisum sativum* L.) is a very valuable protein crops, suitable for human consumption and animal nutrition. It is grown in rotation, and growing is recommended in same area every four years. Before sowing of spring peas, it is important to take care of the pre-culture and the history of the use of herbicides in the previous crop. In fact, some herbicides used in previous crop (residues), can lead to a variety of adverse consequences. The time during which an herbicide remains in an active form in the soil depends on the characteristics of the molecule (degradation method, the water solubility, the rate of application, etc.) and environmental factors (soil type, temperature, precipitation, etc.). The purpose of this diploma thesis was to investigate the sensitivity of spring peas on the application of reduced (1/8, 1/4, 1/2), recommended, twice and four times higher doses of herbicide mesotrione. Assessment of the effect of treatment was determined by visual evaluation of damage (0 - 100%) and by weighing the fresh and dry weight of above ground of spring peas. The survey results indicate an increase in damage, which depends on increasing doses of mesotrione. The lowest percentage damage (43%) was observed 14 days after application of herbicide treatment which is applied the lowest dose (1/8 recommended dose) and the highest (88% damage aboveground mass), where the treatment is applied four times higher than the recommended dose. During the second evaluation (21 days after herbicide application), in all treatments, showed an increase of progression initial damage from 60% 1/8 dose of mesotrione to 98% with four times higher than the recommended dose. In the last evaluation (28 days after herbicide application) in all treatments, except where applied four times higher dose of mesotrione, recorded goods plant regeneration. Dry mass (dry weight) spring pea plants to herbicidal treatments were all significantly lower than the control. The minimum (20,31%) reduction of dry weight was observed on treatment is applied wherein the lowest (1/8) the dose, while it is almost completely (91%) and completely destruction (100%) of spring pea plants found in the treatments with the double and quadruple higher dose than recommended mesotrione.

Key words: spring pea, mesotrione, reduced doses , residues herbicides

SADRŽAJ

1. UVOD.....	1
2. PREGLED LITERATURE.....	2
2.1. Jari grašak.....	2
2.1.1. Morfološka svojstva jarog graška	2
2.1.2. Proizvodnja graška u Hrvatskoj i svijetu.....	3
2.1.3. Sorte graška	3
2.1.4. Agroekološki uvjeti za uzgoj jarog graška	3
2.1.5. Agrotehnika za proizvodnju jarog graška	4
2.1.6. Kompetitivne sposobnosti jarog graška	5
2.2. Mezotrion	7
2.2.1. Mehanizam djelovanja mezotriona	8
2.2.2. Spektar djelovanja mezotriona	10
2.3. Čimbenici koji utječu na ponašanje herbicida u tlu.....	12
2.3.1. Ponašanje mezotriona u tlu	14
3. CILJ ISTRAŽIVANJA	17
4. MATERIJALI I METODE.....	18
4.1. Opis istraživanja u poljskim uvjetima.....	18
4.2. Klimatski uvjeti tijekom istraživanja	19
5. REZULTATI I RASPRAVA	20
6. ZAKLJUČAK	23
7. POPIS LITERATURE	24

1. UVOD

Baš poput ostalih mahunarki, i grašak (*Pisum sativum* L.) je vrlo vrijedna proteinska kultura pogodna i za ljudsku ishranu i ishranu domaćih životinja. Zrno graška u prosjeku sadrži 23% proteina, stoga se može koristiti kao koncentrirano krmivo u ishrani domaćih životinja (**Uher, 2014**). Prinosi zelene mase u čistoj sjetvi mogu iznositi 25 - 35 t/ha, dok u kombinaciji s žitaricama, prinosi graška dosežu i do 50 t/ha. Sjetva jarog graška na međuredni razmak od 20 cm kao i njegov brzi početni porast, ponekad nisu dovoljni za obranu usjeva jarog graška od korova (**Anonymus, 2016a**). Navedena činjenica osobito može doći do izražaja ako početni rast jarog graška koče rezidui herbicida u tlu. Mnogi herbicidi imaju naglašeno perzistentno djelovanje te ostavljaju aktivne rezidue u tlu sve do žetve, ili čak i nakon žetve. Perzistentnosti herbicida u praksi često se ne pridaje dovoljno pažnje, pa se siju kulture osjetljive na rezidue prethodno primijenjenog herbicida. Navedeno u određenim slučajevima može ograničiti izbor kultura u plodoredu.

Herbicid nakon primjene i distribucije po fazama tla podliježe kompleksnim i vrlo dinamičnim skupinama procesa koje razvrstavamo u procese gubitaka i procese razgradnje. Gubici herbicida obuhvaćaju četiri skupine procesa: adsorpciju (vezanje herbicida na koloide tla), apsorpciju (usvajanje herbicida od strane biljke), ispiranje (gubitak herbicida premještanjem u dublje slojeve tla), isparavanje (gubitak hlapljivih herbicida isparavanjem u atmosferu) te spiranje (osobito na nagnutim terenima). Procesi razgradnje podrazumijevaju mikrobiološku, fotokemijsku i kemijsku razgradnju molekule herbicida. Vrlo su važni jer se razgradnjom smanjuje aktivna količina herbicida u tlu. Svi ovi procesi ovisni su o vrlo kompleksnoj interakciji karakteristika herbicida, značajki tla i klimatskih prilika te određuju dužinu perzistentnosti herbicida (**Ostojić, 1989**).

Mezotrion ne perzistira značajno u tlu, pa se pretpostavlja da neće ograničavati sjetvu kultura u plodoredu, odnosno djelovati fitotoksično na kulture koje slijede kukuruz u plodoredu. No, kako je perzistentnost rezultat interakcije herbicida, tla i klime, može se očekivati da će i njegova perzistentnost varirati ovisno o različitim pedoklimatskim uvjetima i primijenjenim dozama (**Ostojić, 2004**). Ograničenje primjene navedenog herbicida odnosi se na: šećernu i stočnu repu, ciklu, salatu, špinat, grašak, grah, te ostale *Phaseolus* i *Vicia* vrste, koje se 24 mjeseca nakon primjene mezotriona ne smiju sijati na istoj površini (**Syngenta, 2016**).

2. PREGLED LITERATURE

2.1. Jari grašak

2.1.1. Morfološka svojstva jarog graška

Grašak, *Pisum sativum* L. povrtna je kultura koja se uzgaja više od 8000 godina, a potječe iz zemalja oko Sredozemnog mora, odakle se proširio po cijelome svijetu. Jednogodišnja je zeljasta biljka koja pripada porodici mahunarki. Ima kratku vegetaciju, što mu omogućuje veliki areal rasprostranjenosti. S hranidbenog stanovišta, grašak je vrijedna namirnica s uravnoteženim odnosom bjelančevina i ugljikohidrata, a od minerala sadrži znatne količine kalija i fosfora i umjerenu količinu vlakana. Korijen graška vrlo je razvijen, te seže duboko u tlo (do 120 cm). Također na njemu se nalaze malene kvržice unutar kojih su skrivene bakterije koje imaju sposobnost vezati dušik iz zraka, čime grašak obogaćuje tlo dušikom. Stabljika jarog graška u presjeku je uglasta i šuplja, svijetlozelene boje više ili manje razgranata i ovisno o sorti može biti različite visine. Na jednoj lisnoj peteljci, može biti smješteno do tri oblikom jajolikih listova, koji su parno perasto raspoređeni. Listovi su uglavnom zelene boje, što ovisi o sorti, ali i agroekološkim uvjetima, te su prekriveni voštanom prevlakom. Cvjetovi jarog graška su ružičasto - ljubičaste ili bijelo - zelenkaste boje, leptirastog oblika. Najprije cvatu cvjetovi koji se nalaze bliže tlu, a zatim postupno oni prema vrhu stabljike (slika 1). Plod graška je mahuna, a ovisno o sorti i načinu uzgoja može biti svijetlo do tamno zelene boje. Mahuna može biti ravna, savinuta, plosnata, ili valjkasta. Unutar mahune nalazi se dva do deset zrna, koji mogu biti zelene, žute ili smeđe boje, a oblikom razlikujemo okruglo, glatko, naborano ili uglato zrno (Lešić i sur., 2004).



Slika 1. Lišće i cvjetovi jarog graška

(Izvor: <http://pinova.hr/>)

2.1.2. Proizvodnja graška u Hrvatskoj i svijetu

Prema FAOSTAT- ovim podacima za 2013. ukupna svjetska proizvodnja mahunarki iznosila je 5 212 349 tona, dok je na području Europske unije proizvedeno 3 246 tona graha i graška (bez drugih mahunarki), iz čega je jasno vidljivo da je Europska unija vodeći, svjetski proizvođač mahunarki. Tijekom 2014. godine na području Europske unije proizvodnja graha i graška iznosila je 1,3 milijuna tona svake kulture, no razlikovala se između država članica. Tako je u Francuskoj, proizvodnja graška činila gotovo polovicu (41%) ukupne proizvodnje graška svih država članica, zatim slijede Njemačka (12,1%) i Engleska s 9,8% **(Rupčić, 2016)**.

Iz podataka EUROSTAT- a za 2014. Hrvatska je proizvela 3400 tona graška i graha na 2400 ha površine. Bugarska je, navedene godine proizvela 3000 tona na 2300 ha površine, Rumunjska 71 500 tona na 49 700 ha površine, Slovenija 1500 tona na 700 ha površine, a Njemačka 283 700 tona na 92 400 ha površine. 2015. godine Hrvatska je na istoj površini proizvela 3270 tona graha i graška **(Rupčić, 2016)**.

FAO (Food and Agriculture Organization) je 2016. proglasio Međunarodnom godinom mahunarki **(Rupčić, 2016)**.

2.1.3. Sorte graška

Na Sortnoj listi Republike Hrvatske nalazi se gotovo 20 - ak sorata graška. Sorte graška mogu se razlikovati s obzirom na vrijeme dozrijevanja mahune za berbu, prema visini stabljike, te prema obliku zrna i mahune. S obzirom na vrijeme dozrijevanja mahune za berbu sorte graška dijelimo na: rane sorte (68 dana), srednjerane sorte (68 - 78 dana), kasne sorte (više od 78 dana). Prema visini rasta stabljike sorte graška dijelimo na: niske (do 60 cm), srednjevisoke (do 90 cm), i visoke, odnosno indeterminantne (najviše 180 cm). Prve dvije grupe obično se uzgajaju bez potpore, dok visoke moraju imati potporu. Prema obliku zrna i mahune, razlikujemo „krunce“ i „šećerce“. „Krunci“ su dobili naziv jer im se mahune krune i koristi se mlado zrno, dok se kod „šećeraca“ mahuna teško kruni i troše se cijele mahune dok je zrno još u mliječnoj zrelosti **(Lešić i sur., 2004)**.

2.1.4. Agroekološki uvjeti za uzgoj jarog graška

- **Temperatura i svjetlost**

Grašak se uspješno može uzgajati u uvjetima umjerene i vlažne klime. Optimalna temperatura za razvoj iznosi oko 18°C. Idealna temperatura za nicanje graška iznosi oko 15 - 16°C, no može nicati i kod puno nižih temperatura, 4 - 6°C. Mlade biljke graška podnose

temperaturu i do -6°C (**Anonymus, 2016a**). Rast usjeva jarog graška zaustavlja se pri temperaturi od 30°C (**Uher, 2014**). Što se tiče svjetlosti, jari grašak ima visoke zahtjeve za svjetlošću. Nedostatak svjetla dovodi do kašnjenja cvatnje i dozrijevanja (**Anonymus, 2016a**).

- **Voda**

Potrebe za vodom ovise o vremenu sjetve, području i tlu na kojem se grašak uzgaja. Tako grašak zasijan u rano proljeće, nije potrebno navodnjavati jer je dostatna zimska vlaga koja se nalazi u tlu. To se ne odnosi na vrlo lagana, pjeskovita tla gdje je potrebno provesti dva do tri navodnjavanja, da bi se osigurao odgovarajući prinos. U područjima s kišovitim proljećima i na tlima s dobrim kapacitetom za vodu, grašak se uzgaja bez navodnjavanja. Grašak koji se sije u kasnijim rokovima je potrebno navodnjavati jer suša u vrijeme cvatnje i neposredno nakon nje može znatno smanjiti prinos (**Anonymus, 2016b**).

- **Tlo**

Za rast i razvoj graška, pH tla treba iznositi 6,5 - 7,5. U suprotnom, ako je tlo kiseliije, potrebno je provesti kalcifikaciju tla. Što se tiče strukture tla, jari grašak uspijeva na rahlim tlima, izrazito rastresitim, mrvičaste strukture. U takvim uvjetima kvržične bakterije na korijenu se dobro razvijaju (**Anonymus, 2016a**).

2.1.5. Agrotehnika za proizvodnju jarog graška

- **Plodored**

Zbog nagomilavanja štetnih tvari, uzročnika biljnih bolesti, štetnika, korova, te nepravilnog trošenja hraniva iz tla izbjegava se uzgajanje ratarskih i povrtlarskih kultura na istoj površini. Kako bi se navedeno izbjeglo, potrebno je provoditi pravilan plodored, pri čemu je potrebno voditi računa o potrebama kulture za vodom i hranivima. Jari grašak se uzgaja u plodoredu, a na istu površinu dolazi svake četvrte godine. Dobre predkulture jarom grašku su: rajčica, paprika i krumpir (**Bogović, 2008**). Kao predkulturu jarom grašku treba izbjegavati kukuruz jer osim što u jesen kasno napušta tlo, nakon njega ostaje i puno organske mase što onemogućava dobru pripremu za ranu proljetnu sjetvu. Grašak je dobra predkultura mnogim povrtnim kulturama, jer zbog kratke vegetacije rano napušta tlo, što omogućuje uzgoj postrnog usjeva, a razlog je i taj što za sobom u tlu ostavlja oko 100 kg/ha organskog dušika (**Lešić i sur., 2004**).

- **Obrada tla**

Osnovna obrada tla provodi se u jesen ili zimu, kako bi se tlo pripremilo za što raniju proljetnu sjetvu. Budući da grašak ima dobro razvijen korijenov sustav, koji prodire i do 1 m duboko u tlo, zahtjeva duboku obradu tla (**Uher, 2014**). Ovisno o predkulturi, obrada tla može se obaviti i u rano proljeće, no tada se obrada tla uglavnom usmjerava na čuvanje zimske vlage. Da bi se izbjeglo stvaranje pokorice, koja otežava nicanje graška, na srednje teškim tlima treba izbjegavati pretjerano usitnjavanje tla frezanjem (**Anonymus, 2016b**).

- **Gnojidba**

Kada se uzgaja u čistoj kulturi, gnojidba tla za grašak izvodi se prije osnovne obrade tla s oko 20 t/ha stajnjaka ili gnojovkom. Grašak dobro koristi mineralna hranjiva, stoga mu je potrebno osigurati 80 – 100 kg/ha P_2O_5 i 120 – 150 kg/ha K_2O . Dušična gnojiva se u pravilu upotrebljavaju u manjim količinama (30 – 40 kg/ha) i to samo radi opskrbe biljke dušikom u prvim fazama razvoja. Kasnije, tijekom razvoja, biljka sama usvaja atmosferski dušik, te na taj način podmiruje svoje potrebe. Budući da jari grašak nema velikih zahtjeva u proljetnom razdoblju, gnojidba se ne primjenjuje. Međutim ako je usjev slabiji u porastu, tada se može oprezno prihraniti sa 100 - 200 kg KAN-a/ha (**Uher, 2014**).

- **Sjetva i sadnja**

Sjetvu jarog graška potrebno je obaviti što ranije u proljeće (potkraj veljače/početkom ožujka). Tako rano zasijani usjev pokrije tlo, čime se smanjuje mogućnost zakorovljavanja, odnosno grašak završi vegetaciju prije sušnog razdoblja. Sije se mehaničkim sijačicama, 80 – 120 klijavih zrna na m^2 u čistoj kulturi, odnosno 200 – 250 kg ovisno o apsolutnoj masi sjemena. Zavisno o tipu tla, sije se na različite dubine. Kod težih tala, sije se na dubini od 4 - 6 cm, a na lakšim i pjeskovitim tlima sije se na dubini od 6 - 8 cm uz obavezno valjanje tla. Više norme po jedinici površine siju se ukoliko je kasnija sjetva ili lošija priprema tla za sjetvu. Žetva jarog graška uglavnom se obavlja istovremeno sa žetvom ozime pšenice, dakle početkom srpnja, odnosno kada zrno graška sadrži 15 – 16% vode (**Uher, 2014**).

2.1.6. Kompetitivne sposobnosti jarog graška

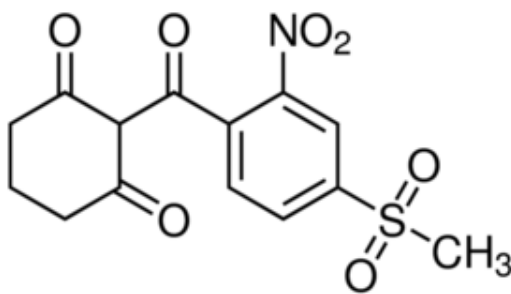
Spomenuto je kako jari grašak niče pri nižim temperaturama, odnosno sije se veoma rano u proljeće, čim prilike u polju to dozvole (**Anonymus, 2016b**). Također, ima brzi početni porast i kraću vegetaciju od većine korovnih vrsta zbog čega mu korovi ne stignu nanijeti veliku štetu (**Barić, 2014**). Najopasniji korovi u usjevu jarog graška su oni koji kliju i niču u

proljeće istovremeno s graškom, te posjeduju visoki habitus (limundžik, kamilica, loboda i dvornik) (**Uher, 2014**). Ovisno o sorti, jari grašak može razviti relativno dugu stabljiku, a zbog gustog sklopa brzo zatvori redove. Stoga, kod suzbijanja korova naglasak treba dati na primjenu herbicida u početnom dijelu vegetacije, odnosno prije nego usjev zatvori redove. Nakon što usjev zatvori redove gotovo je nemoguće obaviti kvalitetnu zaštitu usjeva od korova. Češće se preporuča primjena herbicida nakon nicanja korova, a potrebno ju je uskladiti s razvojem kulture (prije zatvaranja redova) i korova (u ranoj fazi razvoja). Na rast korova utječe i koncentracija dušika u tlu. Tako niska koncentracija dušika, može smanjiti rast korova (**Barić, 2014**).

2.2. Mezotrion

Herbicid mezotrion pripada kemijskoj skupini triketona. Triketoni predstavljaju perspektivnu skupinu herbicida sistemičnog djelovanja čija su herbicidna svojstva 1982. godine otkrili znanstvenici tvrtke Zeneca Ag Products (**Michaely i Kratz, 1986**). Isti autori navode da su djelatne tvari navedene kemijske skupine, identične molekuli leptospermona, tvari izoliranoj iz ukrasne biljke *Callistemon citrinus*. Do danas su u svijetu otkrivene tri djelatne tvari iz ove kemijske skupine, sulkotrion, mezotrion i tembotrion, od kojih samo mezotrion i tembotrion imaju dozvolu za korištenje u Hrvatskoj. Na osnovi djelatne tvari mezotrion u Hrvatskoj registrirano je sedam, a na osnovi tembotriona dva pripravka koji se primjenjuju za suzbijanje većeg broja značajnih širokolisnih i travnih korova u kukuruzu (**Barić i Ostojić, 2016**). Tvrtka Zeneca Agrochemicals 1997. objavila je odluku o investiranju 47 milijuna USD u mezotrion, čime je postao jedan od glavnih Syngentininih herbicida s godišnjom zaradom višom od 400 milijuna USD (**Uttley, 2011**). Mezotrion je u Europi registriran 2000. godine, a u SAD- u 2001. (**Durand i sur., 2006**).

Mezotrion (slika 2) je prema mehanizmu djelovanja, od strane Herbicide Resistance Action Committee (HRAC), razvrstan kao pripadnik grupe F2 (inhibitori sinteze karatenoida), dok je od strane Weed Science Society of America (WSSA) razvrstan kao pripadnik 27 grupe herbicida (**Anonymus, 2007**).



Slika 2. Strukturna formula mezotriona

(Izvor: <http://www.sigmaaldrich.com/>)

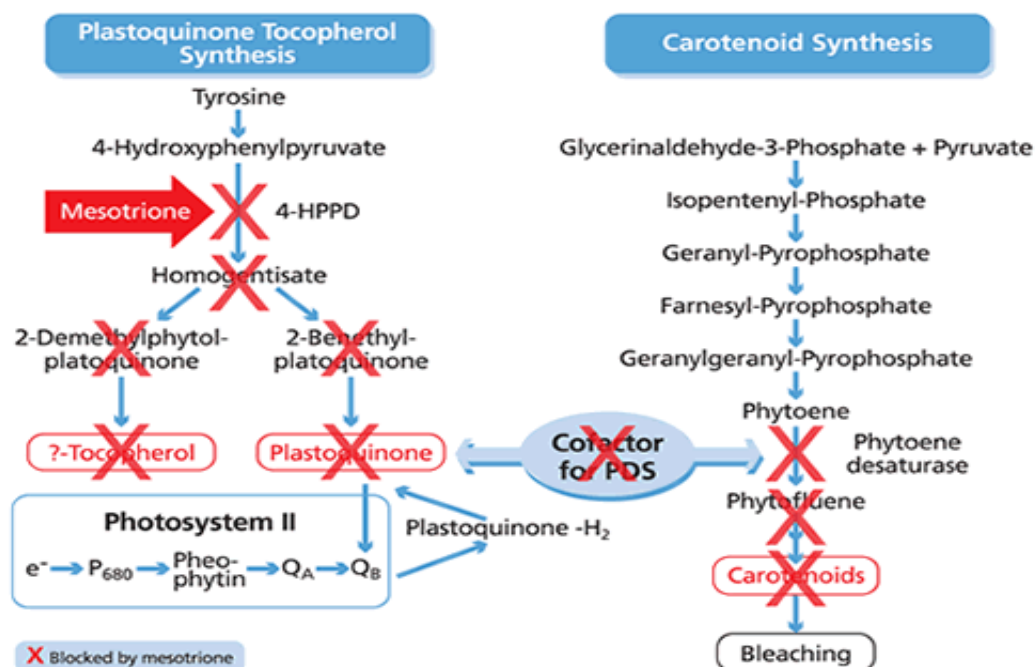
Mezotrion je herbicid povoljnih ekotoksikoloških karakteristika. Niske je toksičnosti za ptice. Prema **Pesticide Properties Database (2016)** vrijednost akutne oralne toksičnosti LD₅₀ veća je od 3776 mg kg⁻¹, a kada je u pitanju subkronična toksičnost, LC₅₀ vrijednost najčešće je veća od 5200 ppm. Općenito je poznato da herbicidi predstavljaju znatno manji rizik za ptice, za razliku od drugih pesticida, prije svega insekticida (**Budimir i sur., 2005**). Što se tiče

toksičnosti mezotriona za organizme u vodi, utvrđen je toksičan učinak na alge. Vrijednost EC_{50} iznosi $3,5 \text{ mg l}^{-1}$, što bi značilo da je mezotrion umjereno toksičan za alge. Rezultati ispitivanja toksičnosti za ribe pokazuju nisku toksičnost mezotriona, odnosno njegova LC_{50} vrijednost iznosi više od 120 mg l^{-1} . U istraživanju toksičnosti za pčele, dobivene LD_{50} (kontaktna i oralna) vrijednosti ukazuju na nisku do umjerenu toksičnost, a kreću se od 11 pa preko $100 \text{ } \mu\text{g pčela}^{-1}$. S obzirom na način primjene herbicida (direktno na površinu tla) veoma je važno poznavati njihov učinak na organizme u tlu (gliste i mikroorganizmi) koji uvelike doprinose kvaliteti (plodnosti) tla. Kod herbicida kao što su atrazin ($LC_{50} = 78 \text{ mg kg}^{-1}$) i etofumesat ($LC_{50} = 134 \text{ mg kg}^{-1}$) zabilježen je toksičan učinak na gliste (**Tomlin, 2003**). Što se tiče mezotriona, nije utvrđen toksičan učinak na gliste, LC_{50} vrijednost (14 dana) iznosi 2000 mg kg^{-1} tla (**Pesticide Properties Database, 2016**).

2.2.1. Mehanizam djelovanja mezotriona

Karotenoidi su skupina pigmenata koji se nalaze u svim dijelovima biljke. Njihova važnost očituje se u boji tkiva, sintezi fitohormona i dijelova tilakoida, a neophodni su za fotosintezu i štite klorofil od fotooksidacije. U sintezi karotenoida sudjeluje veći broj enzima, dok herbicidi iz nekoliko kemijskih skupina inhibiraju rad enzima koji kataliziraju sintezu karotenoida. Svaki od njih inhibira sintezu na drugi način, odnosno na drugom mjestu djelovanja (**Barić i Ostojić, 2016**). Ovisno o mjestu djelovanja, inhibitori sinteze karotenoida se dijele u skupine F_1 , F_2 i F_3 . Herbicidi skupine F_1 blokiraju sintezu karotenoida inhibirajući enzim fitoen desaturazu, posljedica čega je razaranje klorofila i membrane lipida. Razorene membrane brzo se suše i dolazi do desikacije tkiva (**Anonymus, 2007**). Mezotrion pripada F_2 skupini koja inhibira sintezu karotenoida (slika 3) blokirajući enzim 4 hidroksi - piruvat dioksidgenazu (4 HPPD). Enzim HPPD kod većine organizama sudjeluje u kataboličkom metabolizmu aminokiselina fenilalanina i tirozina. Katalizira pretvorbu 4 – hidroksifenil piruvata (HPP) i molekule kisika u homogenizat i ugljični dioksid (**Ellis i sur., 1995. cit. Beaudegnies i sur., 2009**). Homogenizat je u biosintezi tokoferola i plastokinona esencijalni posrednik (**Schultz i sur., 1993. cit. Beaudegnies i sur., 2009**). Mezotrion smanjuje aktivnost HPPD- a, pa je tako krajnji rezultat blokiranja njegove funkcije izostajanje proizvodnje plastokinona i α - tokoferola. Plastokinon je esencijalni nosač elektrona između fotosustava I i fotosustava II i kofaktor u aktivnosti fitoen desaturaze (**Mayer i sur., 1990. cit. Beaudegnies i sur., 2009**). Bez proizvodnje navedena dva spoja, izostaje stvaranje pigmenta karotenoida, dok bez karotenoida koprodukti fotosinteze uništavaju kloroplaste i stanice membrane pa dolazi do blijedenja lišća. Biljka zaostaje rastom, uvene i nekrotizira (**Beaudegnies i sur.,**

2009). Herbicidi skupine F₃ metaboliziraju u keto oblik, te na taj način inhibiraju enzim 1 – deoksi –D - ksiluloza 5 – fosfat sintazu (DOXP) koji je ključan za sintezu plastid izoprenoid sintaze (**Anonymus, 2007**).



Slika 3. Shematski prikaz mehanizma djelovanja mezotriona

(Izvor: <http://www.greencastonline.com/>)

Biljka lišćem, stabljikom i korijenom vrlo brzo usvaja mezotrion, odakle se on ksilemom i floemom dalje translocira. Kod korova koji se tretiraju nakon nicanja, folijarno (post – em) usvajanje, izrazito je brzo i temeljito. Tako se većina primijenjene tvari (70 - 80%) apsorbira unutar 6 sati, dok se 24 sata nakon primjene čak 70% primijenjene tvari iz tretiranih biljnih dijelova translocira i distribuira kroz cijelu biljku (**Mitchell i sur., 2001**). Kod post - emergence primjene za usvajanje mezotriona potreban je jedan sat razdoblja bez kiše. Kod vrlo malih korova, značajnu aktivnost pokazuje i usvajanje preko tla, čak i ako dođe do kiše unutar sat vremena nakon post - emergence primjene, suzbijanje je vrlo dobro. Simptomi na osjetljivim biljkama uočavaju se već nakon 3 - 5 dana, a do potpunog propadanja biljke dolazi unutar 2 - 3 tjedna (**Ostojić, 1987**). Za razliku od korovnih biljaka, biljka kukuruza vrlo sporo usvaja mezotrion i brzo ga razlaže do netoksičnih metabolita (**Radinojević i sur., 2014**). **Mitchell i sur. (2001)** istraživanjem su ustvrdili da su korovne biljke 24 sata nakon primjene mezotriona apsorbirale 55 – 90% primijenjene tvari, dok su

biljke kukuruza apsorbirale svega 45% primijenjene tvari. Upravo se na tim svojstvima zasniva selektivnost mezotriona prema biljkama kukuruza i to je jedan od razloga zašto je mezotrion našao široku primjenu u praksi (**Radinojević i sur., 2014**). Simptomi djelovanja mezotriona na kukuruzu, isti su kao kod korovnih biljaka, odnosno vidljivo je izbjeljivanje („bleaching“) (slika 4) nadzemnih organa (**Mitchell i sur., 2001**).



Slika 4. Simptomi djelovanja mezotriona na kukuruzu

(Izvor: <http://herbicidesymptoms.ipm.ucanr.edu/>)

2.2.2. Spektar djelovanja mezotriona

U Hrvatskoj registrirani pripravci na osnovi mezotriona su Callisto 480 SC, Mezmer i Temsa SC, dok su ostali pripravci kombinacija mezotriona i jedne ili više djelatnih tvari (Lumax, Camix, Elumis, Cytel 51 WG) (**Barić i Ostojić, 2016**).

Callisto 480 SC je selektivni, sistemski herbicid namijenjen suzbijanju jednogodišnjih širokolisnih korova i smanjenju zakorovljenosti jednogodišnjim travnim korovima u kukuruzu za zrno i silažu (**Syngenta, 2016**). Sredstvo je pod navedenim trgovačkim nazivom prvi put registrirano u Kanadi 2004. godine od strane Syngenta Crop Protection (**Riddle, 2012**). Budući da mezotrion ulazi u biljku putem korijena i lista, djeluje na korove koji su nikli, ali i štiti od naknadnog ponika korova, što je vrlo važno za suzbijanje onih korova čije se nicanje proteže kroz duži vremenski period (npr. *Abutilon theophrasti* - europski mračnjak) (**Syngenta, 2016**).

Od jednogodišnjih širokolisnih korova Callisto 480 SC učinkovito suzbija: europski mračnjak (*Abutilon theophrasti*), pelinolisni limundžik (*Ambrosia artemisiifolia*), trnovitu dikicu (*Xanthium strumarium*), lobode (*Chenopodium spp.*), šćireve (*Amaranthus spp.*), crnu pomoćnicu (*Solanum nigrum*) i dr. Smanjuje zakorovljenost jednogodišnjim travnim

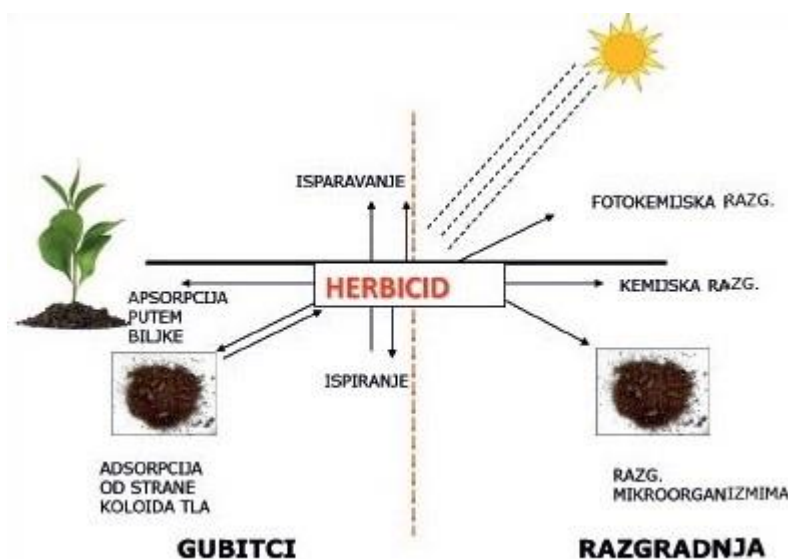
korovima, kao što su koštan (*Echinochloa crus galli*) i svračica (*Digitaria sanguinalis*). Sredstvo nezadovoljavajuće suzbija: muhare (*Setaria spp.*) i mjehurastu sljezolik (*Hibiscus trionum*) (Syngenta, 2016).

Navedeno je da se sredstvo usvaja i putem lista i putem tla. Stoga se primjenjuje nakon sjetve, a prije nicanja kukuruza i korova u količini od 0,25 - 0,3 l/ha ili nakon nicanja u stadiju od 2 do 6 listova kukuruza (BBCH 12 - 16) u količini od 0,15 - 0,25 l/ha. Količina vode u kojoj se sredstvo primjenjuje je 200 - 300 l/ha, uz nužnu dobru pokrovnost lisne površine (Syngenta, 2016).

Ukoliko je nakon primjene Callista 480 SC tretiranu površinu potrebno prijevremeno preorati, dozvoljena je ponovna sjetva kukuruza i kukuruza šećerca. Nema ograničenja za jesensku sjetvu ozime pšenice, pšenoraži, ozimog ječma, ljuljeva, uljane repice, lucerne i djeteline nakon provedenog dubokog oranja. Dublja kultivacija tla potrebna je i prije proljetne sjetve suncokreta i soje te sadnju krumpira. Važna uputa (ograničenje) za ovo istraživanje da se na istoj površini 24 mjeseca ne smiju sijati šećerna repa, stočna repa, cikla, salata, špinat, **grašak**, grah, ostale *Phaseolus* te *Vicia* vrste (Syngenta, 2016).

2.3. Čimbenici koji utječu na ponašanje herbicida u tlu

Tlo je kompleksan i dinamičan sastav koji čine kruta, tekuća, plinovita i živa (bio) faza. Nalazi se pod utjecajem velikog broja čimbenika, čije djelovanje može biti zasebno ili u interakciji. Svi herbicidi koje primjenjujemo na golo tlo su perzistentni, odnosno rezidualni herbicidi, koji nakon što dopiju na površinu tla, s kišom bivaju raspoređeni po fazama tla. Onaj dio herbicida, koji se nalazi u tekućoj fazi tla, biljka je sposobna korijenom usvojiti. Najvažniji čimbenici koji utječu na ponašanje herbicida u tlu, nakon njegove primjene su svojstva tla, svojstva herbicida i klimatske prilike. O navedenim čimbenicima ovisi i perzistentnost herbicida i njegovo rezidualno djelovanje, odnosno razdoblje tijekom kojeg u tlu ostaje u aktivnom obliku. Nakon primjene herbicid u tlu podliježe procesima gubitaka i procesima razgradnje (slika 5). Kod procesa gubitka primarna molekula herbicida ostaje nepromijenjena, ali nije dostupna korovnoj biljci, dok kod procesa razgradnje dolazi do razgradnje (dekompozicije) primarne molekule (Ostojić, 2003).



Slika 5. Proces i razgradnje herbicida

(Izvor: Barić i Brzoja, 2014)

Isparavanje, odnosno hlapljivost ili volatilnost predstavlja prelazak herbicida iz tekućeg stanja u plinovito. U uskoj je vezi s tlakom para što je specifična značajka pojedinog ili skupine herbicida. U uvjetima viših temperatura i povećane vlage tla isparavanje volatilnih herbicida više je izraženo, dok je kod tala koja imaju veći sadržaj gline i organske tvari manje

izraženo. Tome je tako, jer se herbicid veže za adsorpcijski kompleks tla i prije nego dođe do isparavanja (**Ostojić, 2003**).

Ispiranje (leaching) je drugi značajan način gubitka herbicida u dublje slojeve tla, do kojeg dolazi kad nakon primjene herbicida u kratkom vremenskom razdoblju padnu iznimno velike količine oborina. Ispiranje je jače naglašeno u propusnim tlima s manjim sadržajem gline i organske tvari. **Alva i Singh (1991)** navode da uporaba pomoćnih sredstava, uz herbicid, produžuje njegovu učinkovitost i smanjuju mogućnost ispiranja herbicida. Istraživali su djelotvornost herbicida dikambe, bromacila i simazina, s i bez pomoćnih sredstava. Kad su navedeni herbicidi korišteni bez pomoćnih sredstava, već nakon prve kiše, isprano je 69%, 37% i 4% herbicida, dok je korištenjem pomoćnih sredstava gubitak herbicida ispiranjem smanjen za 12 - 16%. Tijekom 2009. **Kucharski i Sadowski** su istraživali ponašanje herbicida fenmedifama u tlu, korištenjem sredstva samostalno i u kombinaciji s pomoćnom tvari. Ustvrdili su da je dodatak pomoćne tvari uzrokovao porast rezidua aktivne tvari u tlu, te da je djelovanje pomoćne tvari uzrokovalo usporavanje ispiranja herbicida. Važna je činjenica da se za vrijeme sušnih razdoblja, neki isprani herbicidi kreću u suprotnom smjeru (reverzibilno). Nakon ispiranja uslijed većih količina oborina, u sušnim uvjetima herbicid se kapilarnim kretanjem vode može „vratiti“ u površinski sloj tla, a u slučaju da se herbicid prethodno nije razgradio, može izazvati fitotoksičan učinak na osjetljive kulture koje slijede u plodoredu (**Ostojić, 2003**).

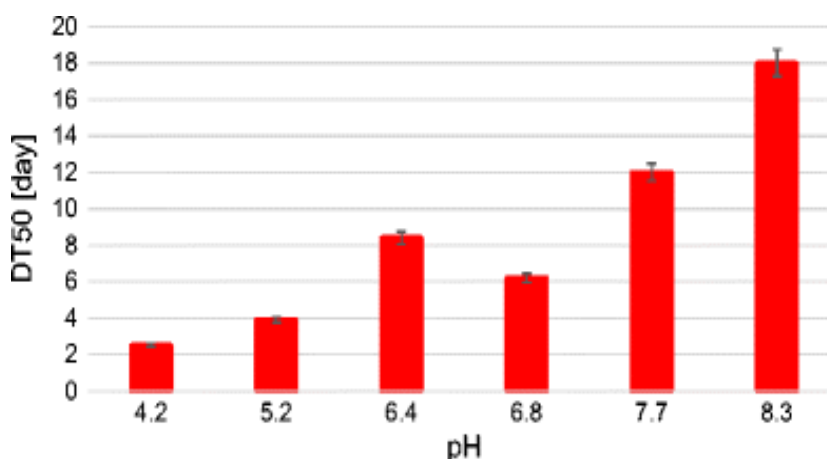
Apsorpcija (usvajanje) herbicida od strane biljaka (kulture i korova) jednako kao i od mikroorganizama nema veliki značaj u smislu ukupnih gubitaka. Gubici koji nastaju apsorpcijom od strane sjemenki, korijena i drugih vegetativnih podzemnih organa korovnih biljaka, ustvari su onaj herbicidno aktivni dio zbog kojeg ih i primjenjujemo. Što se tiče apsorpcije od strane mikroorganizama, ovaj gubitak ponekad ima i prolazni negativni utjecaj na mikrofloru tla. Zbog toga je potrebno pratiti utjecaj herbicida na mikroorganizme tla. Apsorpcijom usvojeni herbicid provodnim snopovima biljke kreće se na kraće ili dulje udaljenosti. Floemom (asimilatima) premještaju se herbicidi usvojeni putem lista dok se ksilemom (transpiracijski put odnosno put minerala i vode) kreću herbicidi usvojeni organima biljke iz tla (**Ostojić, 2003**).

Najvažniji proces „gubitka“ pre - em herbicida jest adsorpcija ili vezanje (imobilizacija) herbicida na najsitnije čestice (koloidi) gline i humusne čestice. Navedene čestice predstavljaju adsorpcijski kompleks tla. Mnogo činitelja utječe na adsorpciju herbicida. Struktura, tekstura, sadržaj vode u tlu i pH vrijednost, imaju veliku ulogu. Često je veoma teško točno definirati koji od činitelja za to ima presudni značaj. Što se pH vrijednosti

tla i temperature tiče, što je veća pH vrijednost i što su više temperature, slabije je vezanje herbicida na adsorpcijski kompleks (**Ostojić, 2003**). Tako **Curran (2001)** navodi da nakon što pH tla padne ispod šest imazetapir i imazakvin započinju svoje vezanje za čestice tla. Isti autor navodi kako herbicid, bez obzira na slabije vezanje za čestice tla pri višem pH tla, može pokazati svoju djelotvornost nekoliko mjeseci kasnije, kada se pH tla smanji. Dok je kod topivosti u vodi slučaj da što je herbicid manje topiv u vodi, to je jače vezanje herbicida na čvrstu fazu tla. U odnosu na kemijski oblik herbicida, topivost u vodi raste od soli, kiseline, pa prema estornoj formi herbicida (**Ostojić, 2003**). Mikrobiološka aktivnost u tlu navodi se kao jedan od najvažnijih čimbenika koji utječe na sprječavanje adsorpcije herbicida. Na mikrobiološku aktivnost u tlu utječu: temperatura i vlaga tla, prozračnost, pH, te količina organske tvari u tlu (**Lingenfelter i Hartwig, 2016**). Viša temperatura tla dovodi do povećane aktivnosti mikroorganizama u tlu (**McDonald, 2009**). Poznato je kako se mikroorganizmi hrane svim vrstama organske tvari, uključujući i organske herbicide (**Lingenfelter i Hartwig, 2016**). Broj i vrsta mikroorganizama koji se nalaze u tlu, također određuju ponašanje herbicida. Obično su plodna tla, s neutralnim pH najpovoljnija za povećanu mikrobiološku aktivnost. Tako se sprječavanje adsorpcije herbicida najčešće odvija u gornjem, površinskom sloju tla, gdje je mikrobna aktivnost najveća (**Curran, 2001**).

2.3.1. Ponašanje mezotriona u tlu

Najvažniji čimbenici koji utječu na ponašanje mezotriona u tlu su: temperatura, pH, sadržaj organske tvari i vlaga. Konstanta disocijacije (pK_a) mezotriona pri temperaturi od 20°C iznosi 3,12, a porastom temperature se povećava (**Mitchell i sur., 2001**). Mezo-trion nije perzistentan u tlu. Vrijeme poluživota mezotriona u tlu proteže se od 6 do 105 dana (**Dyson i sur., 2002**). Isti autori navode da je adsorpcija mezotriona prvenstveno pod utjecajem pH tla. Tako porastom pH tla molekula mezotriona zadržava anionski oblik i veća je vjerojatnost da će se degradirati, dok se kod kiselih tala (pH 3,1) molekula mezotriona reducira, odnosno postaje kation, veže se za koloide tla i adsorbira ga organska tvar. **Elezović i sur. (2003)** navode da je mezo-trion, s kemijskog gledišta, vrlo stabilna molekula. Tako se u sterilnom tlu, šireg raspona pH (5 – 9), 30 dana nakon primjene mezotriona degradira manje od 10% od početne količine herbicida. **Barchanska i sur. (2016)** su proveli istraživanje kojim su dokazali utjecaj pH tla na adsorpciju mezotriona u tlu. DT_{50} mezotriona iznosio je 2 - 18 dana ovisno o pH vrijednostima. Pri nižem pH (4,2) vrijeme poluraspada mezotriona iznosilo dva dana, dok je povećanjem pH tla (8,3) vrijeme poluraspada mezotriona u tlu iznosilo 18 dana (slika 6).



Slika 6. Grafički prikaz utjecaja pH vrijednosti tla na vrijeme poluraspada mezotriona

(Izvor: <http://link.springer.com/>)

PH ima utjecaj i na topljivost (S_w) molekule. Tako pri pH 4,8 topljivost molekule iznosi 2,2 g/l, dok kod pH 9, iznosi 22 g/l, iz čega je vidljivo da se povećanjem pH, povećava i topljivost mezotriona, a samim time i sklonost mezotriona ispiranju (**Elezović i sur., 2003**).

Barchanska i sur. (2016) su već spomenutim istraživanjem dokazali da na ponašanje mezotriona u tlu utjecaj ima i sunčeva svjetlost. Testirali su dva tipa tla (sterilizirano/nesterilizirano) u različitim uvjetima (svijetlo/tama). Vrijeme raspada mezotriona u steriliziranom tlu koje je bilo izloženo sunčevoj svjetlosti iznosilo je 5 – 9 dana, dok je za nesterilizirano tlo, čuvano u tami vrijeme raspada mezotriona iznosilo 2 – 18 dana. Iz navedenog je vidljivo da sunčeva svjetlost ubrzava razgradnju mezotriona u tlu, dok je smanjenim intenzitetom svijetla, smanjen intenzitet fotokemijske razgradnje mezotriona. Isti autori dokazali su kako mikrobiološka aktivnost u tlu ubrzava razgradnju mezotriona.

Navedeno je kako na aktivnost mikroorganizama u tlu utječe sadržaj organske tvari, vlažnost tla, te temperatura. U tlima bogatim organskom tvari, pri većoj vlazi i temperaturi tla povećana je mikrobiološka aktivnost, a samim time i već spomenuta razgradnja herbicida, dok kod vodom nezasićenih tala mikrobiološka aktivnost može izostati (**Riddle, 2012**).

Najveću ulogu u perzistentnosti mezotriona u tlu, u prvih nekoliko tjedana nakon primjene, imaju vremenski uvjeti, tekstura tla i doza herbicida. Tako rezultati iz godine kad je palo puno kiše ukazuju na smanjeni intenzitet adsorpcije mezotriona u tlu, za razliku od godine u kojoj je palo puno manje oborina kad je intenzitet adsorpcije mezotriona bio puno viši (**Maeghe i sur., 2002. cit. Riddle, 2012**). **Rouchaud i sur. (2000)** su proveli istraživanje

na različitim tipovima tla, na kojima su mjerili vrijeme poluraspada mezotriona. U površinskom sloju tla (0 – 10 cm) vrijeme poluraspada mezotriona iznosilo je 50 dana za ilovasta tla, 41 dan za glinena i pjeskovito ilovasta tla i 34 dana za pjeskovita tla. Kod ilovastih tala, prva dva mjeseca nakon primjene mezotrion se nalazio u površinskom sloju tla (0 – 4 cm), nakon čega se premjestio u dublje slojeve tla (15 cm). Nakon berbe kukuruza u tlu nisu zamijećeni značajni ostaci mezotriona, te je zaključeno da su niske koncentracije mezotriona koje su preostale u tlu, nestale tijekom jeseni obradom tla i pripremom za iduću sjetvu. Iz navedenog je vidljivo da se mezotrion u tlima s većim sadržajem čestica gline veže za adsorpcijski kompleks tla, dok se kod ilovastih tala premješta u dublje slojeve tla. Budući da je molekula mezotriona anion, podložna je ispiranju, ilovasto tlo nije je u stanju vezati na negativno nabijene čestice koloida tla. Navedenom pogoduju i svojstva testiranih tala. Naime, glinena tla su teška i nepropusna za razliku od ilovastih i pjeskovitih tala koja imaju bolju propusnost i protočnost.

3. CILJ ISTRAŽIVANJA

Pregledom dostupne literature i proučavanjem rezultata drugih autora, postavljen je cilj ovog istraživanja. Poljskim mikropokusom utvrditi osjetljivost jarog graška na primjenu reduciranih doza herbicida mezotriona.

4. MATERIJALI I METODE

4.1. Opis istraživanja u poljskim uvjetima

Istraživanje je provedeno tijekom 2016. godine na pokušalištu Agronomskog fakulteta Šašinovečki Lug. Sjetva graška provedena je 30. travnja 2016. na međuredni razmak od 25 cm. Dubina sjetve graška iznosila je 4 cm. Pokus je postavljen po strip – plot shemi u tri repeticije. Veličina osnovne parcele iznosila je 4,5 m² (1,5 x 3 m). Istraživano je ukupno sedam tretmana (tablica 1).

Tablica 1. Istraživani tretmani u pokusu

Trt. br.	Pripravak	Vrijeme primjene	Doza pripravka (l, kg/ha)	Doza herbicida (g d.t. ha ⁻¹)
1	KONTROLA	-	-	-
2	CALLISTO 480 SC (mezotrion)	pre - em	0,0375	18
3			0,075	36
4			0,15	72
5			0,3	144
6			0,6	288
7			1,2	576

Primjena pripravka Callisto 480 SC obavljena je neposredno nakon sjetve (pre - emergence). Istraživanje je obuhvaćalo šest dozacija herbicida. Uz preporučenu dozaciju (144 g d.t. ha⁻¹) istražene su 1/8, 1/4 i 1/2 od preporučene te dvostruko (288 g d.t. ha⁻¹) i četverostruko (576 g d.t. ha⁻¹) veća doza od preporučene. Tretiranja su obavljena „Solo“ leđnom prskalicom. Utrošak vode po jedinici površine iznosio je 200 litara ha⁻¹.

Učinak istraživanih tretmana ocjenjivan je linearnom subjektivnom skalom 0 - 100%. Ocjena 0% označava da na biljkama jarog graška nema promjene (u odnosu na biljke graška na kontrolnoj parceli), dok ocjena 100% označava potpuno propadanje biljaka jarog graška. Subjektivna vizualna ocjena jedna je od najčešće primjenjivanih metoda utvrđivanja učinka u istraživanjima herbicida. Prednost joj je jednostavnost i ušteda vremena, a nedostatak je variranje rezultata od istraživača do istraživača, na što ukazuje i sam naziv subjektivna (Knežević i sur., 2007). Ova se metoda sastoji u subjektivnoj procjeni prosječnog postotka oštećenja biljaka pojedine kulturne vrste (i jedinki unutar vrste) izazvanog tretiranjem. Ocjena se obavlja u više navrata nakon (14, 21, 28 dana) primjene tretmana. Cilj višekratne procjene je utvrđivanje „brzine“ djelovanja tretmana kao i utvrđivanje progresivnog, odnosno regresivnog karaktera početnog herbicidnog učinka. Masa svježe nadzemne mase jarog

graška utvrđena je 28 dana nakon tretiranja. Masa suhe tvari utvrđena je sušenjem svježe nadzemne mase biljaka graška u stacionarnom sušioniku biljnog materijala na temperaturi od 70°C do konstantne mase.

4.2. Klimatski uvjeti tijekom istraživanja

Zbog značaja klimatskih uvjeta za područje istraživanja u tablici koja slijedi prikazane su vrijednosti oborina i srednjih dnevnih temperatura zraka na lokaciji Šašinovečki Lug.

Tablica 2. Količine oborina i srednje dnevne temperature po dekadama za svibanj 2016. godine

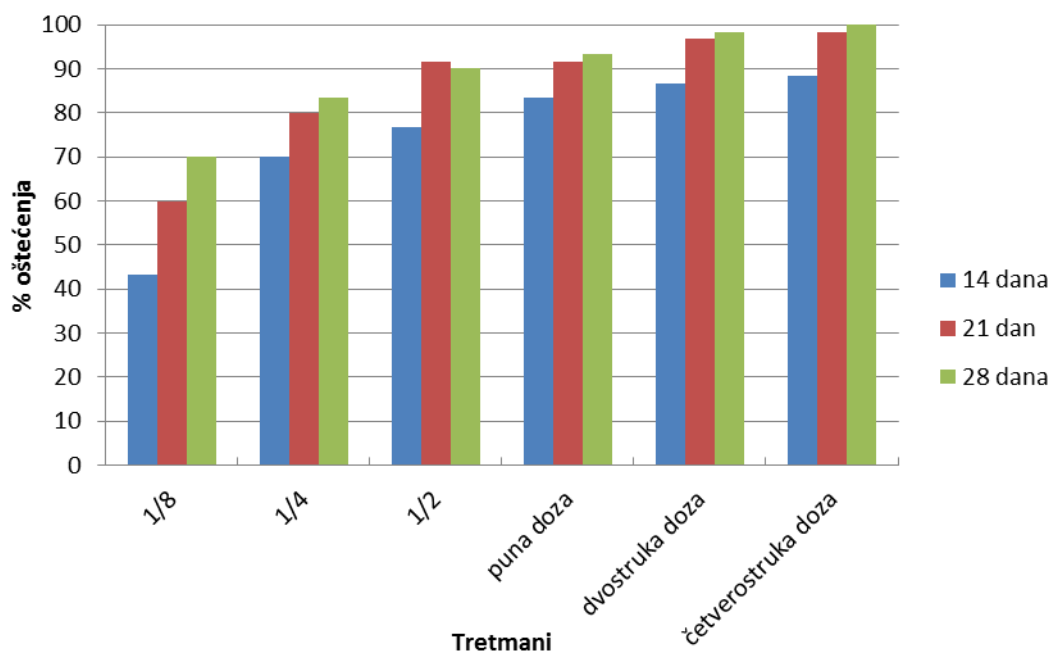
Dekada	Temperatura zraka (°C)	Odstupanje*	Višegodišnji prosjek (30 godina)	Oborine (mm)	Odstupanje*	Višegodišnji prosjek (30 godina)
I	14,3			15,6		
II	13,2			64,8		
III	18,2			14,8		
I-III	15,2	<u>-0,6</u>	<u>15,8</u>	95,5	<u>27,9</u>	<u>67,6</u>

*od višegodišnjeg prosjeka

Iz podataka meteorološke postaje Sesvete, vidljivo je da je srednja dnevna temperatura zraka u svibnju bila manja za 0,6 °C u odnosu na višegodišnji prosjek. Prosječna minimalna dnevna temperatura iznosila je 9,1 °C dok je prosjek maksimalnih dnevnih temperatura za mjesec svibanj iznosio 22,8 °C. Izrazito se ističe razlika u količini oborina u odnosu na višegodišnji prosjek za istu lokaciju. U mjesecu svibnju palo je 27,9 mm oborina više od tridesetogodišnjeg prosjeka.

5. REZULTATI I RASPRAVA

Kod opisa metoda kojima je utvrđivan učinak istraživanih tretmana navedeno je utvrđivanje fitotoksičnog učinka subjektivnom vizualnom ocjenom učinka po skali od 0 do 100%. U skladu s navedenim, grafički su prikazani rezultati fitotoksičnog učinka različitih dozacija mezotriona na biljke jarog graška.



Grafikon 1. *Prosječna ocjena fitotoksičnog učinka istraživanih tretmana na jari grašak ovisno o vremenu utvrđivanja*

Iz grafikona 1 je vidljivo da se 14 dana nakon tretiranja mezotrionom postotak oštećenja biljaka jarog graška kretao u rasponu od 43%, kod primjene 1/8 doze mezotriona, do 88% kad je primijenjena četiri puta veća doza od propisane. Prilikom prvog ocjenjivanja, biljke jarog graška na kontroli, nalazile su se u fazi tri troliske. Dva tjedna nakon tretiranja palo je 41,6 mm kiše, što je bilo dovoljno da aktivira herbicid i distribuira ga kroz profil tla. Fitotoksičan učinak mezotriona na biljkama jarog graška očitovao se u vidu blijeđenja i kloroze lisnog tkiva (slika 7). Kod drugog ocjenjivanja (21 dan nakon tretiranja) kada se grašak nalazio u fazi četiri troliske utvrđen je porast oštećenja, odnosno progresivan učinak. Tako je kod 1/8 doze mezotriona postotak oštećenja iznosio 60%, a porastom doze se postupno povećavao (80 - 98%).



Slika 7. Simptomi djelovanja mezotriona na biljake jarog grška
(foto: A. Kiš)

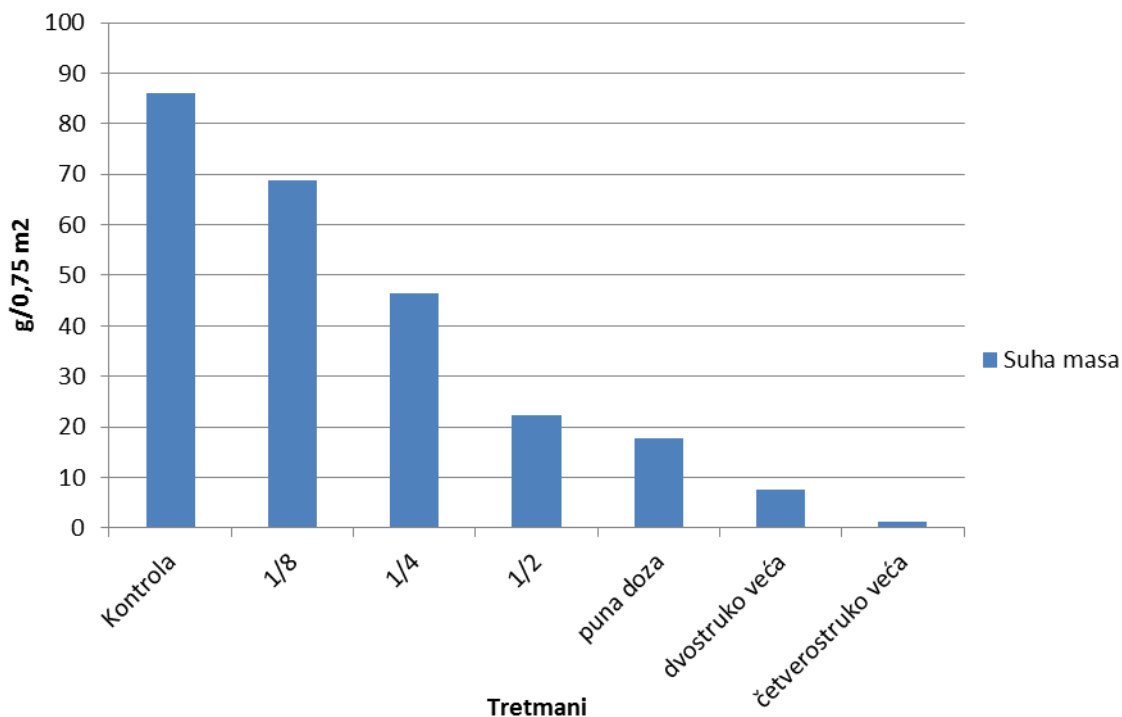
Kod posljednjeg ocjenjivanja (28 dana nakon tretiranja) u fazi pet troliski graška nije došlo do daljnjeg progresivnog fitotoksičnog učinka u odnosu na drugu subjektivnu ocjenu. Porast oštećenja za 2%, utvrđen je samo kod tretmana gdje je primijenjena četiri puta veća doza mezotriona. Kod tretmana gdje je primijenjena $1/8$ i $1/4$ doze mezotriona, postotak oštećenja bio je jednak kao i kod prethodnog ocjenjivanja (21 dan nakon tretiranja). Pad oštećenja, odnosno blaga regeneracija biljaka jarog graška (slika 8) utvrđena je kod tretmana gdje je primijenjena $1/2$, preporučena i dvostruko veća doza. Međutim, to nema praktičnog značaja jer je nadzemna masa biljaka na ovim tretmanima reducirana za više od 90%.



Slika 8. Regeneracija biljaka jarog graška
(foto: A. Kiš)

Slične rezultate, ali s manjim postotkom oštećenja biljaka graška utvrdili su **Riddle i sur. (2012)** u svom istraživanju. Istraživali su učinak 1/2, preporučene, dvostruko i četverostruko veće doze mezotriona na biljke jarog graška. Postotak oštećenja, 21 dan nakon primjene mezotriona, kretao se u rasponu od 1 do 49%, dok je kod ocjenjivanja 39 dana nakon tretiranja zabilježen pad oštećenja (od 4 do 29%).

U grafikonu 2 je prikazan utjecaj različitih dozacija mezotriona na suhu masu graška.



Grafikon 2. Suha masa biljaka jarog graška

Prema rezultatima prikazanim u grafikonu 2 vidljivo je da je suha masa biljaka jarog graška na svim herbicidnim tretmanima bila znatno manja nego na kontroli. Najmanja (20,31%) redukcija suhe mase utvrđena je na tretmanu gdje je primijenjena najniža (1/8) doza, dok je gotovo potpuno (91%) i potpuno propadanje (100%) biljaka graška utvrđeno na tretmanima s dvostruko i četverostruko većom dozom mezotriona od preporučene. Na tretmanu gdje je primijenjena 1/4 doze mezotriona suha masa graška iznosila je 46,49 g/0,75 m², što je za 46% manje nego na kontroli. Kod primjene prepolovljene (1/2) i preporučene doze mezotriona suha masa graška se nije bitno razlikovala, a iznosila je 22,25 odnosno 17,63 g/0,75 m², što je za 74 odnosno 79% manje od suhe mase graška na kontrolnoj parceli.

6. ZAKLJUČAK

Nakon provedenog istraživanja fitotoksičnog učinka različitih dozacija mezotriona na biljke jarog graška, moguće je zaključiti sljedeće:

1. Sve su istraživane dozacije iskazale fitotoksičan učinak na biljke jarog graška.
2. S gledišta vizualne ocjene oštećenja nadzemne mase graška, 14 dana nakon tretiranja utvrđena su znatna oštećenja, od 43 (1/8 doze) do 88% (četverostruko veća doza).
3. Početna oštećenja su imala progresivni karakter. Kod drugog ocjenjivanja (21 DAT) povećanje oštećenja se kretalo od 60 (1/8 doze) do 98% (četverostruko veća doza). Kod trećeg (28 DAT) ocjenjivanja oštećenja su bila jednaka ili neznatno manja od oštećenja utvrđenima drugim ocjenjivanjem.
4. Prilikom posljednjeg ocjenjivanja, na svim tretmanima, osim kod primjene četiri puta veće doze od preporučene, zabilježena je, iako praktično nevažna, blaga regeneracija biljaka graška.
5. Suha masa biljaka jarog graška na svim herbicidnim tretmanima bila je znatno manja nego na kontroli. Najmanja (20,31%) redukcija suhe mase utvrđena je na tretmanu gdje je primijenjena najniža (1/8) doza, dok je potpuno propadanje (100%) biljaka graška utvrđeno na tretmanu s četverostruko većom dozom mezotriona od preporučene.

7. POPIS LITERATURE

1. **Alva, A. K., Singh, M.** (1991). Use of adjuvants to minimize leaching of herbicides in soil, *Environmental Management*, 15/2; 263.
2. **Anonymus** (2007). Herbicide handbook - ninth edition (ed. Senseman S.A.), WSSA, Lawrence, USA.
3. **Anonymus** (2016a). Stočni grašak. Agrokлуб, <http://www.agroklub.com/>. Pristupljeno: 04. 08. 2016.
4. **Anonymus** (2016b). Navodnjavanje graška. Pinova, <http://pinova.hr/hr>. Pristupljeno: 20. 07. 2016.
5. **Barchanska, H., Kluza, A., Krajczewska, K., Maj, J.** (2016). Degradation study of mesotrione and other triketone herbicides on soils and sediments, <http://link.springer.com/>. Pristupljeno: 30. 07. 2016.
6. **Barić, K., Brzoja, D.** (2014). Suzbijanje korova u ratarskim kulturama. *Gospodarski list*, 6: 53 – 61.
7. **Barić, K., Ostojić, Z.** (2016). Herbicidi. U: Pregled sredstava za zaštitu bilja u Hrvatskoj za 2016. godinu. *Glasilo biljne zaštite*, 1-2: 225-282.
8. **Barić, K.** (2014). Zaštita graška od korova. U: Tehnološke upute za integriranu proizvodnju povrća za 2014. godinu. Ministarstvo poljoprivrede, <http://www.mps.hr/>. Pristupljeno: 25. 07. 2016.
9. **Beaudegnies R., Edmunds, A. J., Fraser, T. E., Hall, R., G., Hawkes, T., R., Mitchell, G., Schaetzer, J., Wendeborn, S., Wibley, J.** (2009). Herbicidal 4 - hydroxyphenylpyruvate dioxygenase inhibitors -a review of the triketone chemistry story from a Syngenta perspective. *Bioorganic & Medicinal Chemistry* (17); 4134 - 4152.
10. **Bogović, M.** (2008). Plodored u povrćarstvu, <http://www.savjetodavna.hr/>. Pristupljeno: 20. 07. 2016.
11. **Budimir, M. Radivoljević, R., Brkić, D., Nešković, N.** (2005). Ekotoksikološka svojstva herbicida: Sulfoniluree. *Pestic. Fitomed. (Beograd)*, 20; 155.
12. **Curran, W. S.** (2001). Persistence of Herbicides in Soil. *Penn state extension*. 2.
13. **Durand, S., Amato, P., Sancelme, M., Delort, A. - M., Combourieu, B., Besse - Hoggan, P.** (2006). First isolation and characterization of a bacterial strain that biotransforms the herbicide mesotrione. *Letters in Applied Microbiology*, 43; 222.

14. **Dyson, J. S., Beulke, S., Brown, C. D., Lane, M. C. G.** (2002). Adsorption and Degradation of the Weak Acid Mesotrione in Soil and Environmental Fate Implications, *Journal of Environmental Quality* 31 (2); 613 - 618.
15. **Elezović, I., Jovanović- Radanov, K., Stević, M.** (2003). Mezotrion - novi herbicid za suzbijanje korova u kukuruzu. Naučni rad. Poljoprivredni fakultet. Zemun-Beograd.
16. **Knežević S. Z., Streibig J. C., Ritz C.** (2007). Utilizing R software package for doseresponse concept and dana analysis. *Weed Technology* 21; 840 – 848
17. **Kucharski, M., Sadowski, J.** (2009). Influence of adjuvants on behavior of phenmedipham in plant and soil. *Polish Journal of Agronomy*, 1; 32.
18. **Lešić, R., Borošić, J., Buturac, I., Herek – Čustić, M., Poljak, M., Romić, D.** (2004). Grašak (*Pisum sativum* L. ssp. *sativum*). U: Povrčarstvo. Zrinski. Čakovec. 533 – 548.
19. **Lingenfelter, D., Hartwig, N. L.** (2016). Safe Herbicide Use. Penn State Extension, <http://extension.psu.edu/pests/weeds/control/introduction-to-weeds-and-herbicides/safe-herbicide-use>. Pristupljeno: 15. 08. 2016.
20. **McDonald, D., I.** (2009). A Whole-Plant Bioassay System for the Detection of ALS/AHAS Herbicide Residues in Soils and Determination of Safe Planting Intervals for Sensitive Crops, The University of Guelph, 37 - 68.
21. **Michaely W. J. i Kratz G., W.** inventors. Stauffer Chemical Company. assignee. 1986 March 27. Certain 2 - (2 - Substituted Benzoyl) - 1,3 - Cyclohexanediones. Europe patent 0135191.
22. **Mitchell, G., Bartlett, D. W., Fraser, T., Hawkes, T. R., Holt, D. C., Townson, J. K., Wichert, R. A.** (2001). Mesotrione: a new selective herbicide for use in maize. *Pest Manage. Sci.* 57; 120 - 128.
23. **Ostojić, Z.** (1987). Osvrt na sadašnje stanje primjene herbicida u ratarskim kulturama, *Poljoprivredne aktualnosti*, 3 – 4; 685 - 695.
24. **Ostojić, Z.** (1989). Herbicidi i tlo. U: Studija o jedinstvenim kriterijima zagađivača voda, vazduha i tla na području SAP Vojvodine i potrebne hitne mere zaštite na mestima sa najvažnijim zagađivačima, pp 319 - 332.
25. **Ostojić, Z.** (1997). Prilagođeno iz: Herbicidi i pomoćna sredstva (Zavod za herbologiju Agronomskog fakulteta u Zagrebu). U: Priručnik iz zaštite bilja (za zaposlenike u poljoprivrednim ljekarnama). Zavod za zaštitu bilja u RH, Zagreb.
26. **Ostojić, Z.** (2003). Herbicidi i tlo. *Gospodarski kalendar* 1; 72 - 75.

27. **Ostojić, Z.** (2004). Biotest (bio assay) za dokazivanje rezidualnog učinka perzistentnih herbicida na kulture u plodoredu. *Glasilo biljne zaštite* 1; 13- 19.
28. **Radinojević, Lj., Gajić – Umiljendić, J., Marisavljević, D., Anđelković, A., Pavlović, D.** (2014). Primena mezotriona u kombinaciji sa terbutilazinom, nikosulfuronom i S - metolahlorom u kukuruzu. *Zaštita bilja*, 65 (4); 156 - 160.
29. **Riddle, R., N.** (2012). Field and Greenhouse Bioassays to Determine Rotational Crop Response to Mesotrione Residues. The University of Guelph. Guelph. Ontario. Canada, 10 - 14.
30. **Rouchaud, J., Neus, O., Eelen, H., Bulcke, R.** (2000). Dissipation and mobility of the herbicide mesotrione in the soil of corn crops. *Mededelingen – Faculteit Landbouwkundige En Toegepaste Biologische Wetenschappen*. Universiteit Gent. 65; 51 - 58.
31. **Rupčić, Z.** (2016). Hrvatska godišnje proizvodi 3 tisuće tona graha i graška, a Rumunjska čak 71,5 tisuća. *Glas Slavonije*, <http://www.glas-slavonije.hr/>. Pristupljeno: 18. 07. 2016.
32. **Pesticide Properties DataBase** (2016). Mesotrion, <http://sitem.herts.ac.uk/>. Pristupljeno: 25. 08. 2016.
33. **Syngenta**, (2016). Callisto 480 SC, <http://www3.syngenta.com/>. Pristupljeno: 25. 07. 2016.
34. **Tomlin, C. D. S.** (Ed.): The Pesticide Manual – A World Compendium (13th Edition). British Crop Protection Council (BCPC). Omega Park. Alton. Hampshire. GU34 2QD. UK, 2003.
35. **Uher, D.** (2014). Jari stočni grašak za proizvodnju zrna, *Gospodarski list*, 3; 19.
36. **Uttley, N.** (2011). Off - Patent Manufacturers Face Multiple Barriers. *Farm Chemicals International*. Vol. 25 Issue 6, p19.

ŽIVOTOPIS AUTORA

Ana Kiš rođena je 11. Srpnja 1991. u Zagrebu. Osnovno i srednjoškolsko obrazovanje završila je u Zagrebu. Maturirala je 2010. u Prehrambeno – tehnološkoj školi u Zagrebu. Iste godine upisuje Preddiplomski studij Zaštite bilja na Agronomskom fakultetu Sveučilišta u Zagrebu. Preddiplomski studij završava 2014. sa završnim radom na temu „Rasprostranjenost virusa žutice šećerne repe (*Beet yellows virus*) na području Tovarnika“, pod vodstvom mentora doc. dr. sc. Darka Vončine. Završetkom Preddiplomskog studija stječe akademski naziv sveučilišna prvostupnica (baccalaurea) inženjerka zaštite bilja. Nakon završetka Preddiplomskog studija upisuje Diplomski studij Fitomedicina. Tijekom studija stručnu praksu odradila je u Hrvatskom centru za poljoprivredu hranu i selo na Zavodu za zaštitu bilja.